

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Анализ эффективности использования электроэнергии при производстве автомобилей»

Студент

А.Ю. Фадеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Кувшинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

Аннотация

Для автозавода, как для любой бизнес структуры, важными являются вопросы максимизации прибыли, увеличения рыночной стоимости предприятия в интересах их владельцев, которые, прежде всего, определяются величиной издержек производства автомобилей. Одной из составляющих издержек при производстве автомобилей является расход электроэнергии на единицу продукции. Поэтому актуальным является вопрос повышения рентабельности продукции автозавода путем снижения норм расхода электроэнергии при производстве автомобилей.

Цель работы - повышение эффективности использования электроэнергии при производстве автомобилей на примере цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина» ПАО «АВТОВАЗ». Задачи работы: анализ существующей системы электроснабжения цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина»; анализ электропотребления цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина»; разработка мероприятий по повышению эффективности использования электроэнергии при производстве автомобилей на примере цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина» ПАО «АВТОВАЗ».

Объект работы - цех окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина» ПАО «АВТОВАЗ».

Предмет работы – схема электроснабжения и электроприемники цеха окраски кузовов.

Содержание

	стр.
Введение	4
1 Анализ системы электроснабжения и электроприемников цеха окраски	6
2 Установленная мощность электроприемников цеха окраски	12
3 Расчет электрических нагрузок цеха окраски автозавода	13
4 Анализ электропотребления цеха окраски автозавода	19
5 Анализ качества электрической энергии цеха окраски	25
6 Анализ финансовых затрат на электроэнергию	33
7 Анализ удельного расхода электроэнергии на производство автомобилей «Калина»	35
8 Безопасность и экологичность проекта	39
8.1 Краткое описание схемы электроснабжения цеха окраски	39
8.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов цеха окраски	39
8.3 Воздействие опасных и вредных производственных факторов на организм человека	41
Заключение	43
Список использованных источников	45

Введение

ПАО «АвтоВАЗ» является крупнейшей в России автомобилестроительной компанией, выпускающей с 2012 только автомобили под собственной торговой маркой ЛАДА и модели, разработанные совместно с такими корпорациями, как Nissan, Renault и Datsun. До этого с конвейера завода сходили «Жигули», «Нива», «Самара» и другие легендарные марки. Основные производственные мощности расположены в городе Тольятти Самарской области [21].

Автомобили модельного ряда «Калина» на заводе выпускаются более 12 лет. 2013 год стал годом начала продаж линейки автомобилей «Лада Калина» нового поколения. До того как приступить к серийному производству, новинка прошла множество открытых тестов, которые показали значительное улучшение качества автомобилей. 16 мая 2013 года состоялся официальный запуск сборочного конвейера новой Калины [21].

Следует отметить, что для автозавода, как для любой бизнес структуры, важными являются вопросы максимизации прибыли, увеличения рыночной стоимости предприятия в интересах их владельцев, которые, прежде всего, определяются величиной издержек производства автомобилей [3,4,20]. Одной из составляющих издержек при производстве автомобилей является расход электроэнергии на единицу продукции. Поэтому актуальным является вопрос повышения рентабельности продукции автозавода путем снижения норм расхода электроэнергии при производстве автомобилей.

Целью работы является повышение эффективности использования электроэнергии при производстве автомобилей на примере цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина» ПАО «АВТОВАЗ».

Задачи работы:

1. Анализ существующей системы электроснабжения цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина».

2. Расчет ожидаемых электрических нагрузок цеха окраски.
3. Составление баланса электроэнергии цеха.
4. Анализ электропотребления цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина».
5. Разработка мероприятий по повышению эффективности использования электроэнергии при производстве автомобилей на примере цеха окраски кузовов автомобилей модельного ряда «Калина» ПАО «АВТОВАЗ».

1 Анализ электроприемников и системы электроснабжения цеха окраски

В процессе окраски автомобилей ЛАДА на ПАО «АВТОВАЗ при окунании кузова автомобиля в ванны для нанесения катафорезного грунта используются варио-шаттлы, которые имеют возможность опускать кузов в ванну по любой траектории (даже вниз крышей), что позволяет обрабатывать абсолютно все скрытые сечения и труднодоступные полости. Кроме того, за счет применения варио-шаттлов достигается значительная экономия материалов.

После сборки автомобиля на его металлические поверхности наносятся защитные покрытия (пленки), поверх которых наносится грунт методом электрофореза (электроосаждения). Автомобильный кузов погружается в специальный раствор - электролит, через который пропускается электрический ток. Под действием тока частицы грунта постепенно осаждаются на поверхность кузова, приводя к образованию ровного тонкого защитного покрытия.

Покрyтия, полученные методом катафореза, обладают повышенными антикоррозионными свойствами и износостойкостью. Катодное электроосаждение дает возможность окрашивать одновременно черные и цветные металлы, а катафорезные лакокрасочные материалы (ЛКМ) имеют более длительный срок хранения до двух лет. Электроосаждение особенно эффективно при окраске изделий наиболее сложной конфигурации, так как оно обеспечивает равномерное прокрашивание кромок, резьбовых и скрытых сечений, а также внутренних полостей, которые образуются при точечной сварке элементов, изготовленных из листовой стали, и не могут быть окрашены никаким иным способом.

Количество операций процесса окраски кузова автомобиля определяется при разработке технологического процесса окрашивания и

зависит от загрязнения поверхности металла и от того, какие требования по эксплуатации предъявляются к окрашиваемому изделию.

Обрабатывается поверхность при помощи окунания или струйным обливом. Тщательная и качественная подготовка поверхности очень важна при окраске электроосаждением. Если на изделии останутся вещества, препятствующие прохождению тока, в процессе электрофореза плотность тока на окрашиваемой поверхности будет неравномерной и осажденное покрытие получится разнородным по толщине, вплоть до того, что отдельные участки не окрасятся совсем. Не должны остаться на поверхности и водорастворимые соли, которые могут загрязнить ванну электроосаждения и стать причиной образования «кратеров» в покрытии.

Процесс подготовки поверхности завершает промывка деминерализованной водой, которая необходима для удаления с поверхности минеральных солей и предотвращения их попадания в окрасочный раствор. После предварительной обработки поверхности, прежде чем изделия погружаются в ванну электроосаждения, их сушат при помощи обдувки горячим воздухом. Такая сушка желательна, чтобы раствор в ванне электроосаждения не разбавлялся водой, оставшейся на изделиях.

Ванна электроосаждения, помимо системы перемешивания, оснащена системами фильтрации и термостатирования рабочего раствора, системой электродиализной очистки и источником постоянного тока.

Кроме основного, сетевого источника тока, окрасочная установка должна быть снабжена системой автономной токоподачи, так как в случае отключения основного источника тока частицы краски в растворе начнут склеиваться, и раствор придет в негодность.

Электродиализная очистка позволяет выделять из раствора и удалять из ванны кислоту или основание, образующиеся в процессе окраски, для поддержания рН красочного раствора в нужном диапазоне. Очистка производится в ячейках, расположенных вдоль продольных стенок ванны электроосаждения. В этих ячейках располагаются электроды, потенциал

которых противоположен потенциалу, подаваемому на окрашиваемые изделия, и полупроницаемые мембраны (анионообменные при катафорезе, катионо-обменные при анафорезе). В ячейках непрерывно циркулирует обессоленная вода, которая удаляет выделяющиеся ионы кислоты или основания.

После извлечения окрашенных изделий из ванны осаждения их следует промыть. Поверх тонкой электроосажденной пленки на поверхность деталей налипает механически, только за счет погружения в окрасочный раствор, еще некоторое количество краски, из-за которой на покрытии образуются потеки, нарушающие его однородность и ухудшающие внешний вид. Промывка позволяет удалить с поверхности эту лишнюю окраску и вернуть ее в производство. После промывки окрашенные изделия снова обдуваются горячим воздухом, чтобы удалить воду, которая при последующей высокотемпературной сушке может вскипеть и оставить следы на покрытии. Затем поверхность кузова обезжиривается.

Внедренная в цехе визуализация процесса позволяет контролировать продвижение кузова по всей технологической цепочке, начиная с его поступления из сварки и до выхода готовой продукции. Это дает возможность в режиме реального времени отслеживать любые параметры процесса и оперативно их корректировать. Также отражается на мониторах информация состояния оборудования - от транспортных линий до локальных очистных сооружений. Информационная система контроля качества в режиме реального времени выдает все параметры выполнения операций в цехе. Большое значение для управления качеством продукции имеет внедрение химического менеджмента. С 2015 года итало - словенская фирма PPG - HELIOS осуществляет управление процессом в производстве окраски LADA KALINA, сопровождая и контролируя выполнение технологии.

Таким образом, основными электроприемниками цеха окраски кузов являются:

- окрасочные камеры;

- линии окраски кузова;
- сушильные теплоагрегаты;
- вытяжная вентиляция камер окраски;
- приточная вентиляция;
- кондиционеры;
- насосные установки камер окраски;
- насосные установки камер вторичного грунта;
- сварочные установки;
- выпрямители;
- освещение камер окраски;
- компрессоры.

Электроприемники цеха по надежности электроснабжения относятся в основном к потребителями 2 категории, но также имеются потребители 1 и 3 категории надежности [1].

Электроприемники напряжением 0,4 кВ получают питание от пяти цеховых ТП – четыре двух трансформаторные и одна однострансформаторная с трансформаторами ТМЗ-2500 и ТСЗЛ-1600, установленными в отдельном помещении.

Компрессоры и выпрямители являются нагрузкой 10 кВ и получают питание от 1с.ш. и 2 с.ш. РП-34 по кабельным линиям марки ААШВ 3х150, проложенными в кабельных галереях.

Схема внешнего электроснабжения цеха – двухступенчатая радиальная:

- 1 ступень шины 10 кВ ГПП-1 и ГПП-6;
- 2 ступень шины 10 кВ РП-34.

Принципиальная схема электроснабжения цеха окраски приведена на рисунке 1.1.

Радиальные сети выполнены кабельными линиями 10 кВ:

- L1 -ААШВ 4(3х240) от ГПП-1 яч.31 до РП-34 яч.13;
- L2 -ААШВ 4(3х240) от ГПП-6я ч.18 до РП-34 яч.12;

- L3 -ВВГ 3x120+1x70 от ГПП-1 яч.1 до ТП 9, 2Т;
- L4 -АВВГ 3x95+1x50 от РП - 34 яч.5 до ТП8, 1Т;
- L5 -АВВГ 3x120+1x70 от РП - 34 яч.7 до ТП9, 1Т
- L6 -АВВГ 3x120+1x70 от РП - 34 яч.9 до ТП 6, 1Т
- L7 -АВВГ 3x120+1x70от РП-34 яч.17, до ТП-16, 1Т
- L8 -ВВГ 3x120+1x70 от РП-34 яч.19 до РП-34 яч.19
- L9 -ААШВ 3x150 от РП-34 яч.21 до выпрямителя -1
- L10 - ААШВ 3x150от РП - 34 яч.23 до выпрямителя -2
- L11 -ААШВ 3x150 от РП - 34 яч.25 до компрессора -1
- L12 -ААШВ 3x150 от РП - 34 яч.27 до компрессора -4
- L13 -ВВГ 3x185+1x90 от РП - 34 яч.6 до ТП 5, 2Т
- L14 -ВВГ 3x120+1x70 от РП-34 яч.16 до ТП 6, 2Т
- L15 -ААШВ 3x150 от РП - 34 яч.26 до компрессора -2
- L16 -ВВГ 3x185+1x90 от РП-34 яч.18 до ТП - 161 2Т
- L17 -ААШВ 3x150 от РП - 34 яч.24 до компрессора -3
- L18 -ВВГ 3x185+1x90 от РП - 34 яч.20 до ТП 16, 2Т
- L19 -ААШВ 3x150 от РП - 34 яч.22 до выпрямителя -3

Цеховые сети выполнены по магистральной схеме шинопроводами типа ШМА-4.

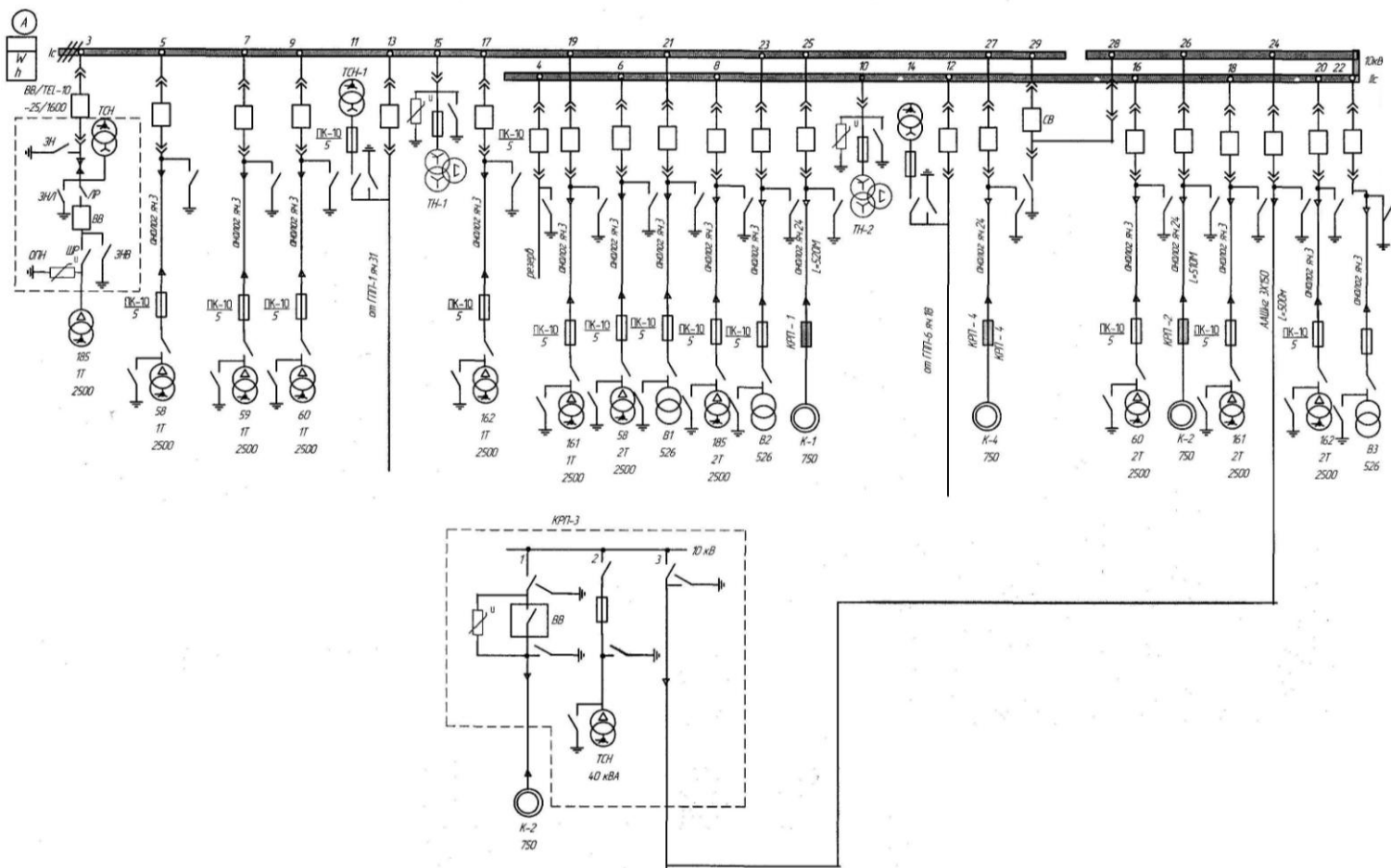


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема электроснабжения цеха окраски автозавода

2 Установленная мощность электроприемников цеха окраски

Анализ электроприемников цеха окраски позволил определить основные группы и их установленные мощности:

1. Приточная вентиляция, вытяжная вентиляция, насосы, кондиционеры с $P_{\text{уст}\Sigma} = 5909,7 \text{ кВт}$;
2. Компрессоры с $P_{\text{уст}\Sigma} = 2573 \text{ кВт}$;
3. Камеры окраски, роботы окраски, гидрофильтры с $P_{\text{уст}\Sigma} = 4102,7 \text{ кВт}$;
4. Сушилки окрасочных камер, теплоагрегаты с $P_{\text{уст}\Sigma} = 2509,2 \text{ кВт}$;
5. Выпрямители для питания установок катафореза с $P_{\text{уст}\Sigma} = 1498 \text{ кВт}$;
6. Осветительная нагрузка с $P_{\text{уст}\Sigma} = 778 \text{ кВт}$.

Электроприемники напряжением 0,4 кВ составляют 78% от всей нагрузки, электроприемники 10 кВ – 22% от всей нагрузки (рисунок 2.1).

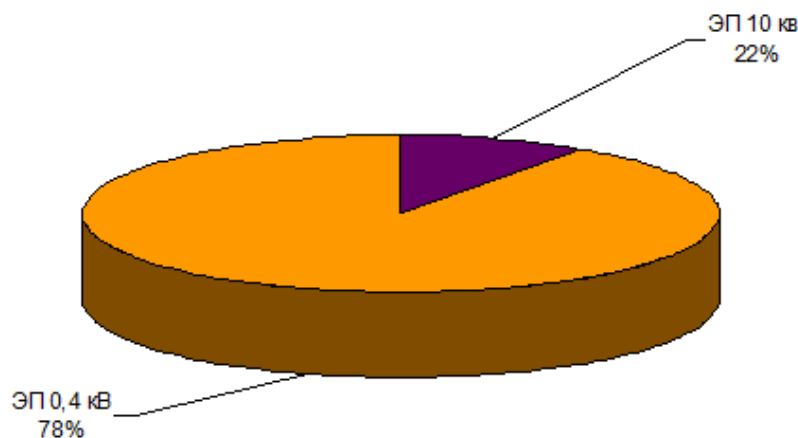


Рисунок 2.1 – Распределение ЭП цеха окраски по классам напряжения

3 Расчёт электрических нагрузок цеха окраски автозавода

Расчет электрических нагрузок цеха окраски выполнен по методикам, изложенным в [7,10,11].

Исходными данными для расчета являются установленные мощности технологического оборудования цеха, режимы работы электроприемников, расчетные коэффициенты, которые определяются в соответствии с [7,10].

В расчетах принимаем:

- для кондиционеров, приточной вентиляции, вытяжной вентиляции $K_{и} = 0,7$, $\cos\varphi=0,8$;

- для сушилок, теплоагрегатов $K_{и} = 0,7$, $\cos\varphi=0,95$;

- для роботов камер окраски $K_{и} = 0,7$, $\cos\varphi=0,8$;

- для конвейеров $K_{и} = 0,7$, $\cos\varphi=0,75$;

- для установок дожигания $K_{и} = 0,5$, $\cos\varphi=0,7$;

- для гидрофильтров камер окраски $K_{и} = 0,5$, $\cos\varphi=0,75$;

- для компрессоров $K_{и} = 0,9$, $\cos\varphi=0,85$;

- для осветительной нагрузки $K_{и} = 0,9$, $\cos\varphi=0,85$.

Все электроприемники трехфазные.

Методика расчета электрических нагрузок цеха окраски приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Методика расчета электрических нагрузок цеха окраски

Определяемая величина	Расчетные формулы
Средняя нагрузка ЭП	$P_{ci} = K_{иi} \cdot \sum P_{номi}$ $Q_{ci} = P_{ci} \cdot tg\varphi$
Средняя нагрузка для группы ЭП	$P_{ср\Sigma} = \sum_k P_{срi}$ $Q_{ср\Sigma} = \sum_k Q_{срi}$
Коэффициент использования для группы ЭП	$K_{иср} = \frac{P_{ср\Sigma}}{\sum P_{ном}}$

Продолжение таблицы 3.1

Определяемая величина	Расчетные формулы
Эффективное число ЭП	$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{ном}}}{P_{\text{н max}}}$
Расчетные нагрузки	$P_p = K_m \cdot P_{c\Sigma},$ $Q_p = K'_b \cdot Q_{c\Sigma}$
	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$
	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$

Расчет электрических нагрузок 0,4 кВ и 10 кВ по источникам питания ТП цеха окраски приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.2 – Укрупненный расчет электрических нагрузок цеха окраски автозавода

Источник подключения	Наименование электроприемников	Руст общая, кВт	K_M	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП8, Т1 ф.1	Кондиционеры	367	1,11	269,5	222,3	349,4	502
ТП8, Т1 ф.2	Сушилки, теплоагрегаты	333	1,2	282,1	84,62	294,5	423
ТП8, Т1 ф.4	РП01	178	1,3	162,7	107,7	195,1	280,3
Σ Т1		940	1,15	714,2	414,7	839	1205
ТП8, Т2, ф.6	Вентиляция	408	1,12	361,2	231	428,7	616
ТП8, Т2, ф.7	Электрошкаф	392	1,1	211,2	89,76	229,5	329,7
ТП8, Т2, ф.8	Освещение	185	1,3	203,7	132,3	242,9	349,1
ТП8, Т2, ф.9	Кондиционеры	706	1,11	634,8	406	753,5	1083
ТП8, Т2, ф.10	Сушилки, линии окраски №1-6, теплоагрегаты	1034	1,1	877,5	369,3	952	1368
Σ Т2		2748	1,12	2288	1228	2607	3745
Σ ТП8		3495	1,12	3003	1643	3446	4951

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	3	5	6	7	8
ТП9, Т1, ф.1	Сушилки, теплоагрегаты	863	1,2	697	304	761	1092
ТП9, Т1, ф.1	Сушилки, теплоагрегаты	410	1,2	297	869	302	435
ТП9, Т1, ф.3	Сушилки грунта, теплоагрегаты	389	1,2	297	869	302	435
ТП9, Т1, ф.4	Сушилки грунта, теплоагрегаты	389	1,2	292	863	305	431
ТП9, Т2, ф.5	Линии окраски, сушилки	408	1,4	307	921	317	459
ТП9, Т2, ф.8	Электрошкаф	302	1,11	2646	145	309	436
ТП9, Т2, ф.9	Освещение	93	1,3	82	58	10 4	145
ТП9, Т2, ф.10	Конвейер, кондиционеры	674	1,15	578	398	697	1004
Итого по ТП9		2692	1,17	2512	1172	2795	4016
ТП6, Т1, ф.2	Гидрофильтры камеры окраски Гидрофильтры камеры вторичного грунта	916	1,2	707	468	849	1220
ТП6, Т1, ф.3	Кондиционеры камеры окраски	369	1,11	333	213	395	568
Σ Т1		1650	1,13	894,9	1640	2356	1374

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
ТП6, Т2, ф.5	Кондиционеры камеры окраски	369	1,1	333	213	395	568
ТП6, Т2, ф.6	Вытяжка камеры окраски	275	1,2	243	158	294	423
ТП6, Т2, ф.7	Вытяжка камеры окраски	275	1,2	243	158	294	423
ТП6, Т2, ф.7	Вытяжка камеры окраски	305	1,2	352	222	418	600
ТП6, Т2, ф.9	Кондиционеры камеры шлифовки	406	1,2	366	160	400	574
Σ Т2		1346	1,16	1215	702	1408	2022
Итого по ТП6		2345	1,15	2590	1598	3048	4379
ТП16, Т1, ф.2	Кондиционеры	602	1,15	423	349	549	788
ТП16, Т1, ф.5	Освещение	357	1,3	327	216,	392	563
ТП16, итого по Т1		957	1,2	750,5	565	941	1352
ТП16, Т2, ф.6	Кондиционеры камеры окраски	321	1,1	289	185	344	494
ТП16, Т2, ф.9	Кондиционеры камеры окраски Кондиционеры камеры грунта	591	1,1	243	341	419	602
Σ Т2		1592	1,1	1148	919	1492	2144

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3		4	5	6	7
Σ ТП16		2549	1,16	1898	1485	2434	3496
ТП17 , Т1, ф.2	Установки подготовки поверхности ванны	260	1,2	234	66,07	243	350
ТП17, Т1, ф.3	Конвейер	300	1,4	270	203	338	486
ТП17, Т1, ф.5	Установка катодореза	440	1,2	340	217,8	404,2	580
Σ Т1		1380	1,27	1189	706,6	1394	2003
ТП17 , Т1, ф.6	Установки вытяжной вентиляции	408	1,2	368	235	437	628
ТП17, Т1, ф.8	Вытяжка камеры окраски	390	1,1	352	225	418	600
ТП17, Т1, ф.9	Роботы окраски	496	1,6	447	286	531	763
Σ ТП17		16022	1,45	13320	8059	15694	22549
Нагрузка 10 кВ	Компрессоры	4120	1,0	3708	3059	4807	263.1
Σ		20142	1,18	17028	11118	20501	22812

4 Анализ электропотребления цеха окраски автозавода

На основании структуры установленных мощностей и расчета электрических нагрузок цеха окраски можно перейти к определению расчетно-нормативного потребления электрической энергии по направлениям использования с учетом коэффициентов использования. Одной из составляющих потребления электрической энергии являются потери в элементах электрической сети цеха окраски.

Расчет потерь в кабельных линиях и трансформаторах ТП выполнен по методике [14], приведенной в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Методика расчета потерь электрической энергии

Расчетный элемент сети	Определяемая величина	Расчетные формулы
КЛ	Среднеквадратичный ток	$I_{ск} = k_{\phi} \cdot I_{cp}$,
	Средний ток	$I_{cp} = \frac{W}{T_{\phi} \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{срв}}$,
	Потери активной энергии в КЛ	$\Delta P = 3I_{ск}^2 \cdot R \cdot 10^{-3}$,
	Потери электрической энергии в КЛ	$\Delta W = \Delta P \cdot T_{\phi}$,
Т	Потери электрической энергии в Т	$\Delta W_a = \Delta P_{xx} \cdot T_n + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2 \cdot T_{раб}$,
	Коэффициент загрузки	$K_3 = \frac{W_a}{S_H \cdot T_n \cdot \cos \varphi_{ср}}$,

Для расчета потерь электрической энергии использовались данные таблицы 2.1.

Расчет потерь электрической энергии в кабельных линиях 10 кВ приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Расчет потерь электрической энергии в кабельных линиях 10 кВ

№ линии	Тип кабеля	I_{cp}, A	$I_{ск}, A$	$\Delta W_{кл}, кВт \cdot час$
L1	ВВГ 3x120+1x70	67	71	173,4
L2	АВВГ 3x95+1x50	49	59	37,8
L3	АВВГ 3x120+1x70	95	109	106,5
L4	АВВГ 3x120+1x70	107	113	102,8
L5	АВВГ 3x120+1x70	82	94	111,7
L6	ВВГ 3x120+1x70	55	59	21,9
L7	ААШВ 3x150	81	36	16,2
L8	ААШВ 3x150	97	38	17,5
L9	ААШВ 3x150	59	491	17,8
L10	ААШВ 3x150	59	49	15,2
L11	ВВГ 3x185+1x90	185	144	203,6
L12	ВВГ 3x120+1x70	50	87	146,9
L13	ААШВ 3x150	45	49	17,2
L14	ВВГ 3x185+1x90	93	107	27,6
L15	ААШВ 3x150	45	49	19,4
L16	ВВГ 3x185+1x90	89	97	101,8
L17	ААШВ 3x150	97	113	107,06
L18	ВВГ 3x120+1x70	66	77	191,3
L19	АВВГ 3x95+1x50	49	59	13,7

Расчет потерь электрической энергии в трансформаторах ТП 10/0,4 кВ приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Расчет потерь электрической энергии в трансформаторах ТП 10/0,4 кВ

№ ТП	$S_{\text{ном}}, \text{кВА}$	K_3	$\Delta W_T, \text{МВт} \cdot \text{час}$
ТП8	2500	0,43	17,14
	2500	0,59	54,93
ТП9	2500	0,68	38,12
	2500	0,46	22,18
ТП6	2500	0,63	32,96
	2500	0,58	32,16
ТП16	2500	0,46	28,12
	2500	0,62	27,55
ТП17	2500	0,53	23,6
	2500	0,57	31,4

Расчет электрической энергии, потребляемую ЭП цеха окраски, выполнен по выражению:

$$W = P_{\text{потр}} \cdot T,$$

где $P_{\text{потр}}$ - потребляемая ЭП;

T - продолжительность работы ЭП за рассматриваемый период.

На основании расчета потребления электроэнергии отдельными ЭП цеха, расчета потерь в КЛ 10 кВ и трансформаторах ТП 10/0,4 кВ рассчитан

баланс потребления электроэнергии по основным группам электроприемников цеха окраски, диаграмма которого приведена на рисунке 4.1.

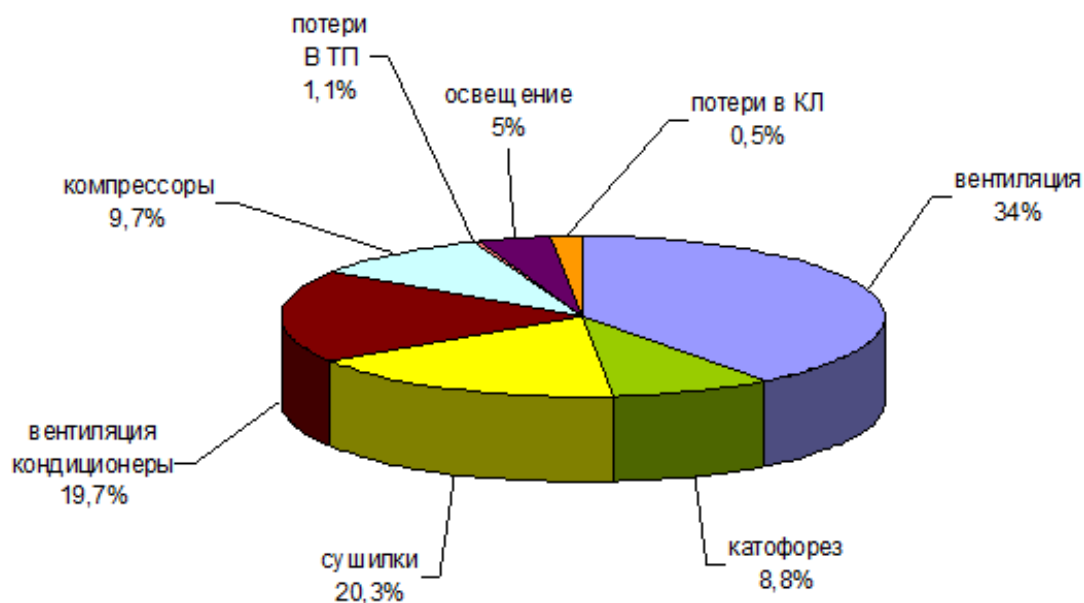


Рисунок 4.1 – Баланс потребления электроэнергии по основным группам электроприемников цеха окраски

Суммарное годовое потребление электроэнергии в цехе окраски составляет:

вентиляция – 141832,8 кВт·ч;

компрессоры – 60648 кВт·ч;

кондиционеры - 3233,4 кВт·ч

технологическое оборудование – 73598,4;

установки катодореза - 30947,2 кВт·ч

сушилки, теплоагрегаты – 43958,4 кВт·ч;

освещение – 18710,4 кВт·ч;

потери в КЛ - 1178,342 кВт·ч

потери в ТП – 980,34 кВт·ч

всего - 47635,3 кВт·ч.

Выполнен анализ электропотребления цеха окраски на основании суточных значений потребления электроэнергии цехом за 2014 - 2015 года получены на центральном диспетчерском пункте ПАО «АВТОВАЗ» и сведены в электропотребление по месяцам.

Данные ЦДП ПАО «АВТОВАЗ» за 2015 год:

январь 3722830 кВт·ч

февраль 3673130 кВт·ч

март 3972200 кВт·ч

апрель 3 764703 кВт·ч

май 4182440 кВт·ч

июнь 3819260 кВт·ч

июль 3978890 кВт·ч

август 4017520 кВт·ч

сентябрь 4351140 кВт·ч

октябрь 4146790 кВт·ч

ноябрь 4043940 кВт·ч

декабрь 3906430 кВт·ч

всего цехом окраски - 47635,3 кВт·ч.

Динамика электропотребления цеха окраски приведена на рисунке 4.2.

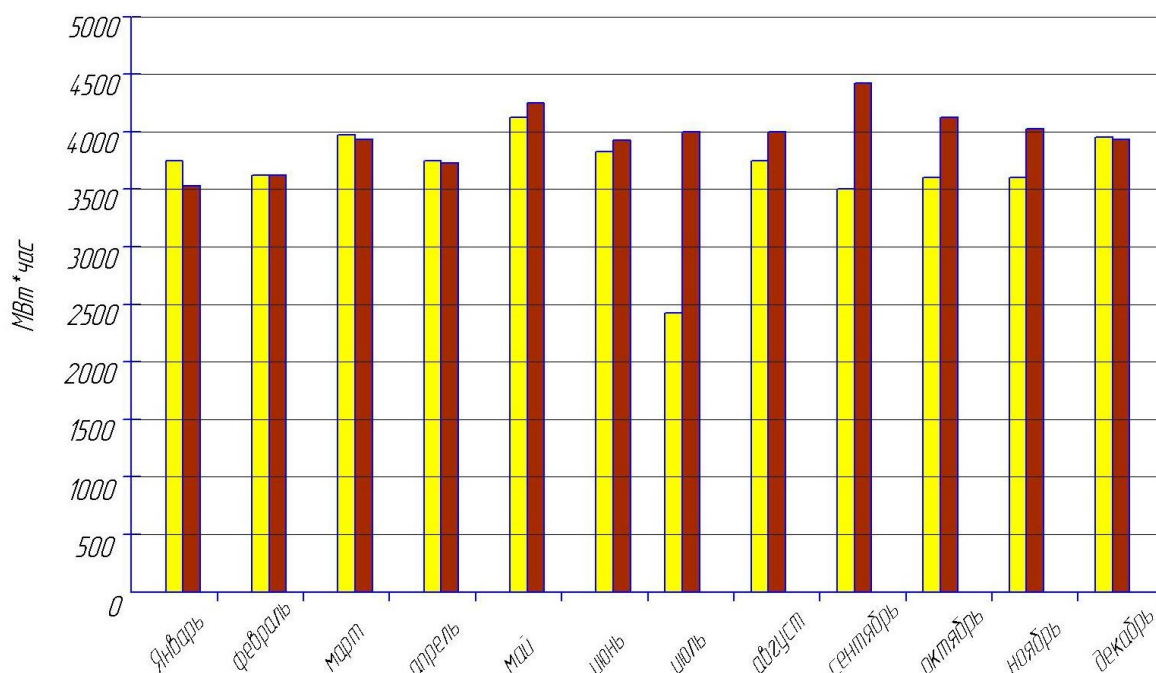


Рисунок 4.2 - Динамика потребления электроэнергии цеха окраски за 2014 и 2015 года (2014 г. – желтый, 2015 г. – красный)

Максимальное электропотребление в 2015 г. было в сентябре и составило 4351140 кВт·ч, максимальное электропотребление в 2014 г. было в мае и составило 42635323 кВт·ч. Электропотребление в целом за 2015 год возросло, так как в 2015 было возрастание выпуска продукции – автомобилей в целом на ПАО «АВТОВАЗ».

5 Анализ качества электрической энергии цеха окраски

При анализе использования эффективности электроэнергии цехом окраски выполнен замер кривых фазных тока и напряжения, а также коэффициентов гармонических составляющих напряжения и тока на шинах 1с.ш. трансформатора Т1 и с.ш. 1 трансформатора Т2 подстанции ТП8. Замеры выполнены цифровым прибором AR-5M (рисунок 5.1, 5.2). Результаты замеров приведены на рисунках 5.3, 5.4, 5.4, 5.6, 5.7, 5.8.



Рисунок 5.1 – Анализатор AR-5M

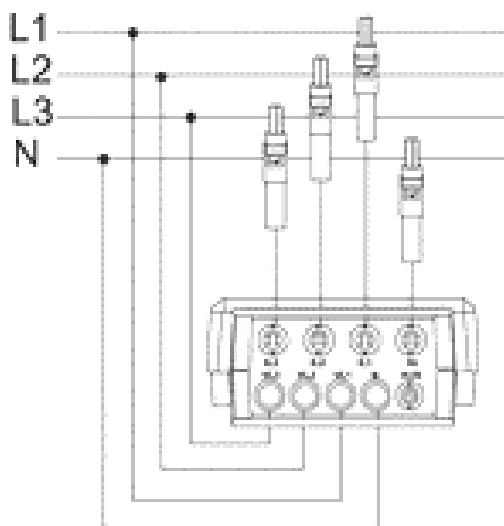


Рисунок 5.2 - Схема включения AR-5M в сеть

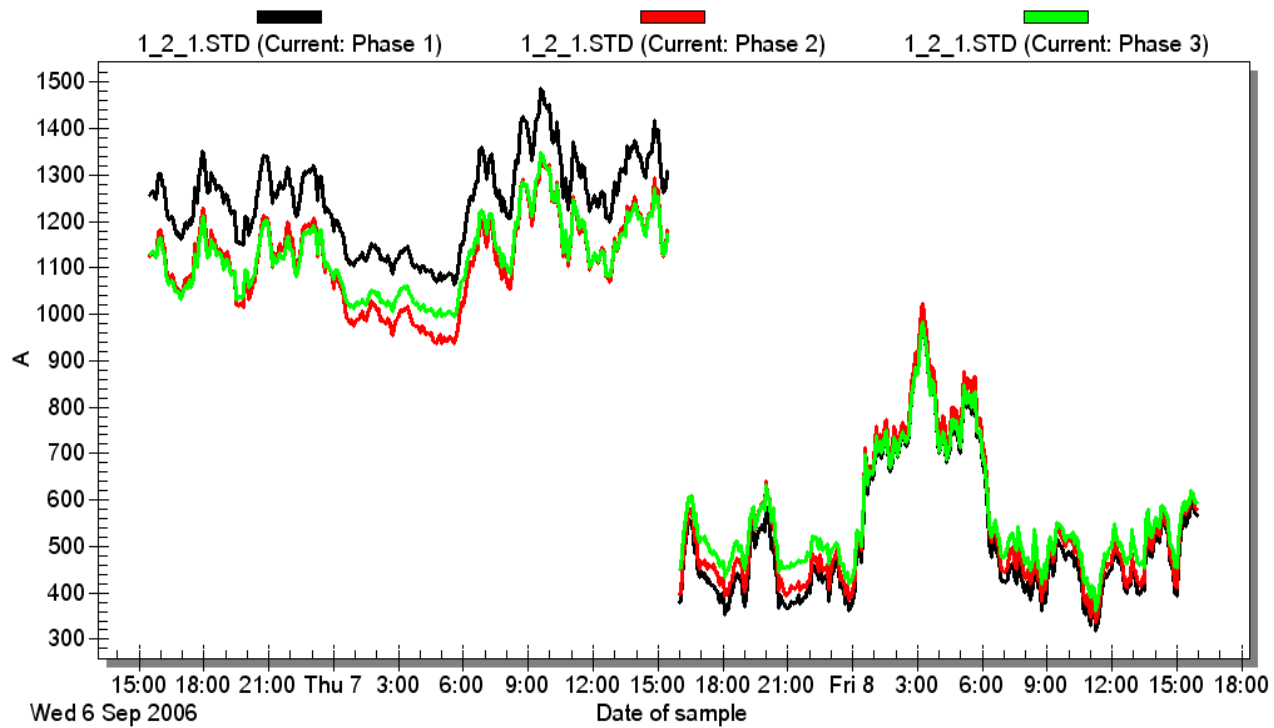


Рисунок 5.3 – Токи в фазах А,В,С на шинах 1с.ш. трансформатора Т1 подстанции ТП8

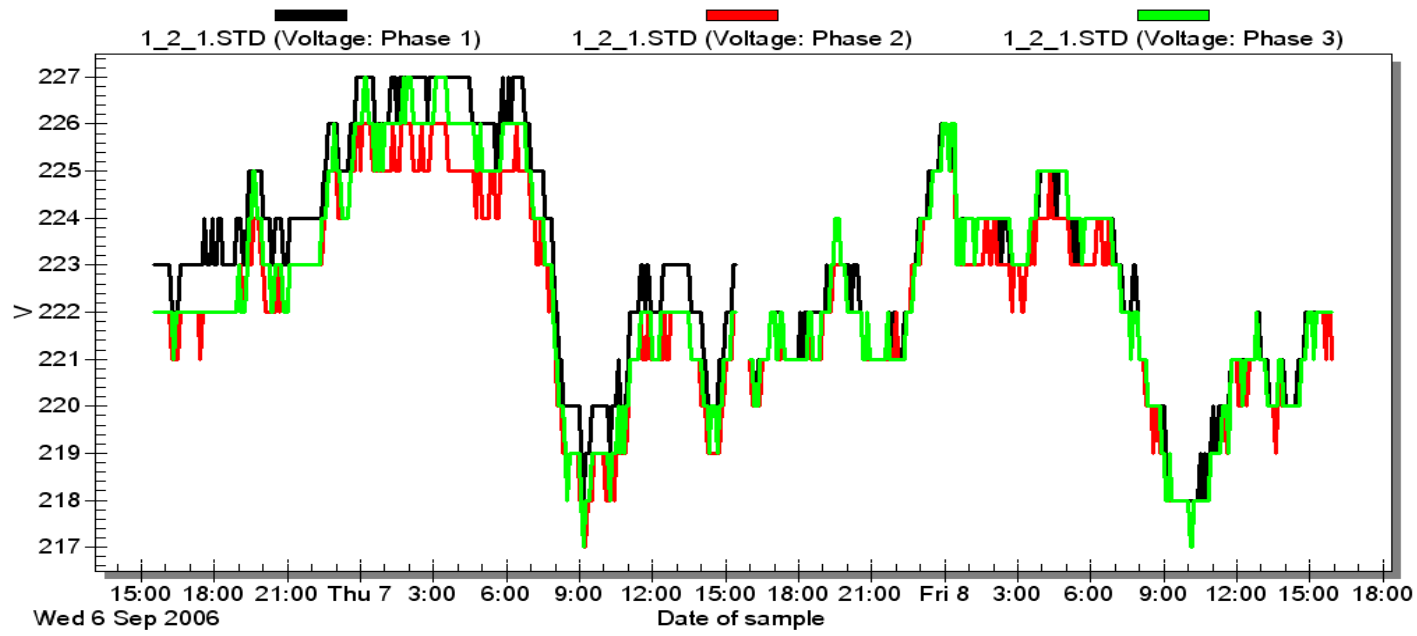


Рисунок 5.4 – Напряжения в фазах А,В,С на шинах 1с.ш. трансформатора Т1 подстанции ТП8

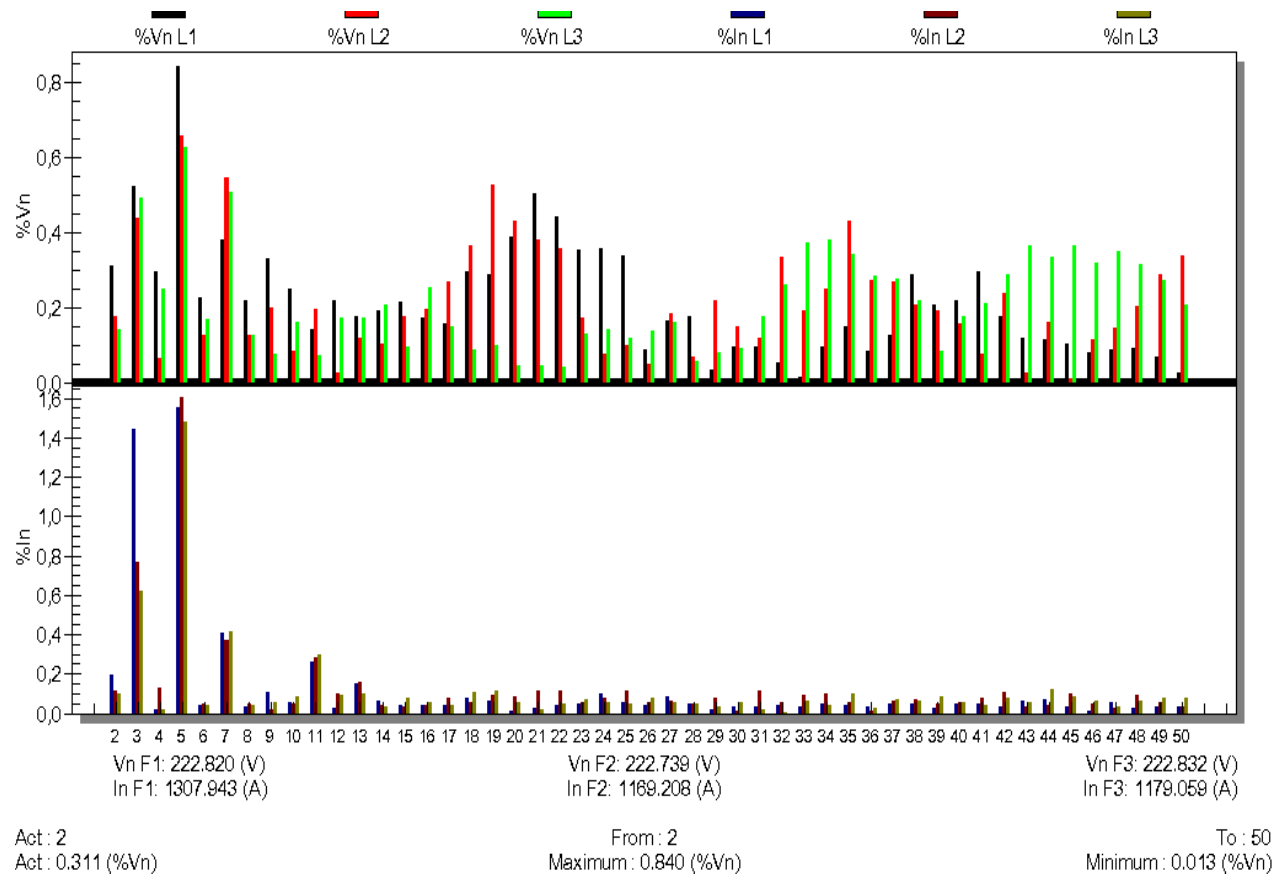


Рисунок 5.5 – Коэффициенты гармонических составляющих тока и напряжения в фазах А,В,С на шинах 1с.ш. трансформатора Т1 подстанции ТП8

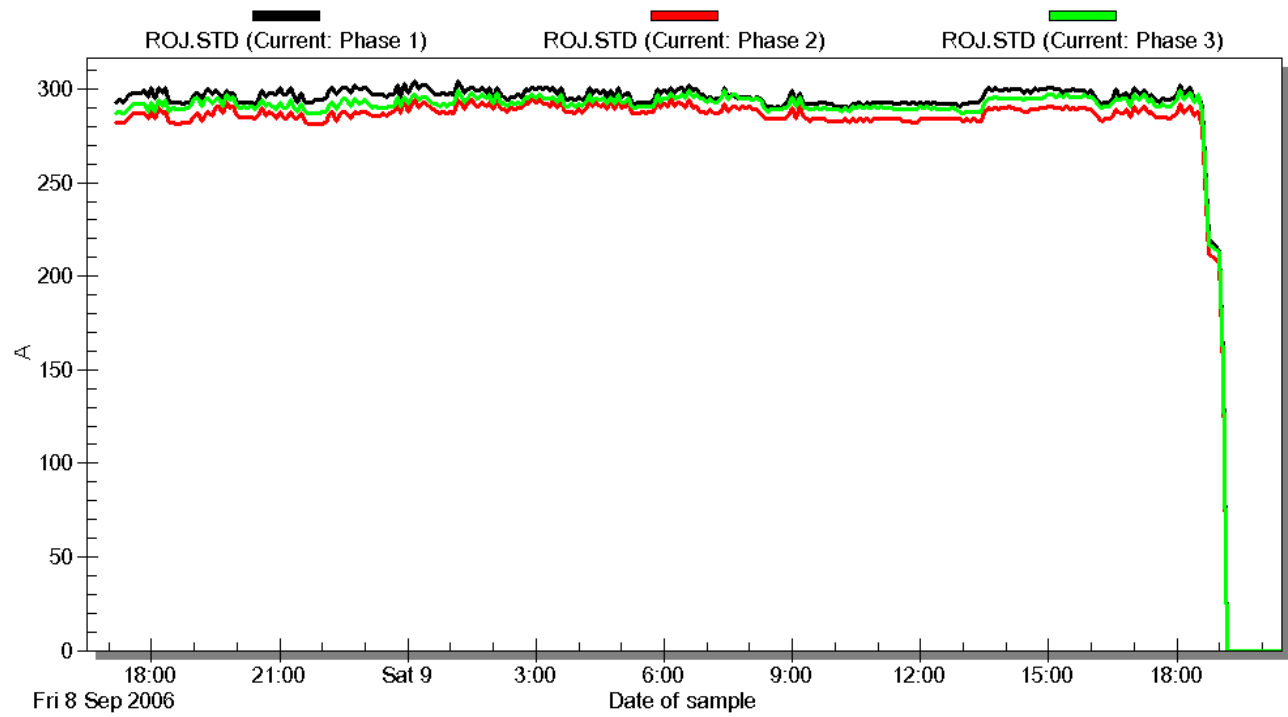


Рисунок 5.6 – Токи в фазах А,В,С на шинах 1с.ш. трансформатора Т2 подстанции ТП8

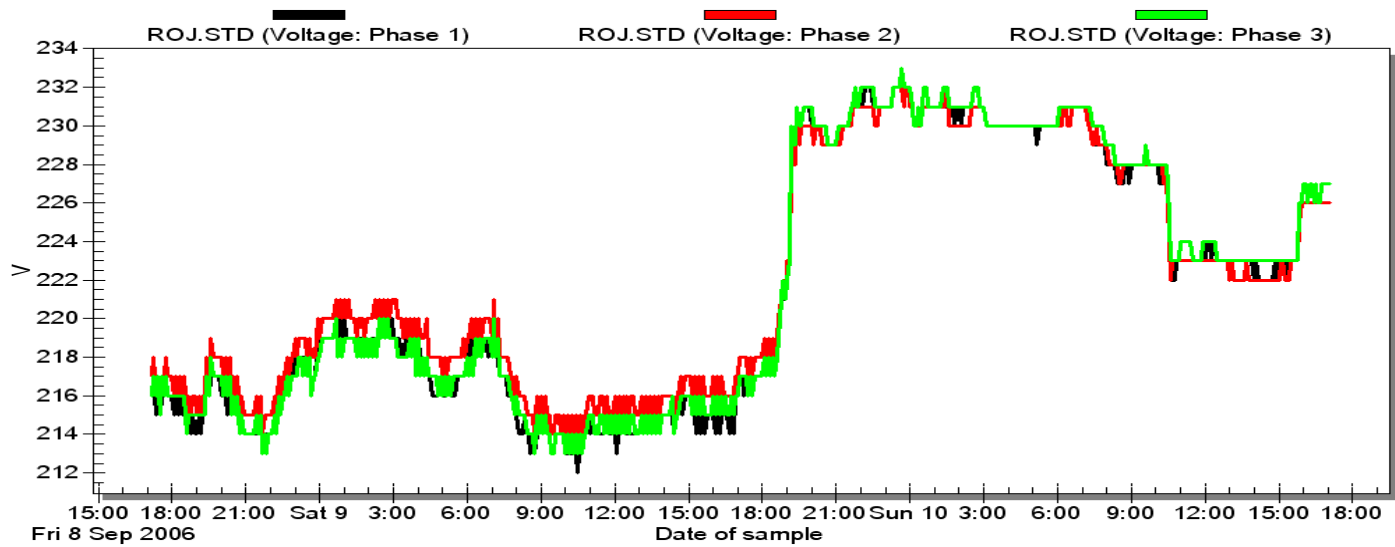


Рисунок 5.7 – Напряжения в фазах А,В,С на шинах 1с.ш. трансформатора Т1 подстанции ТП8

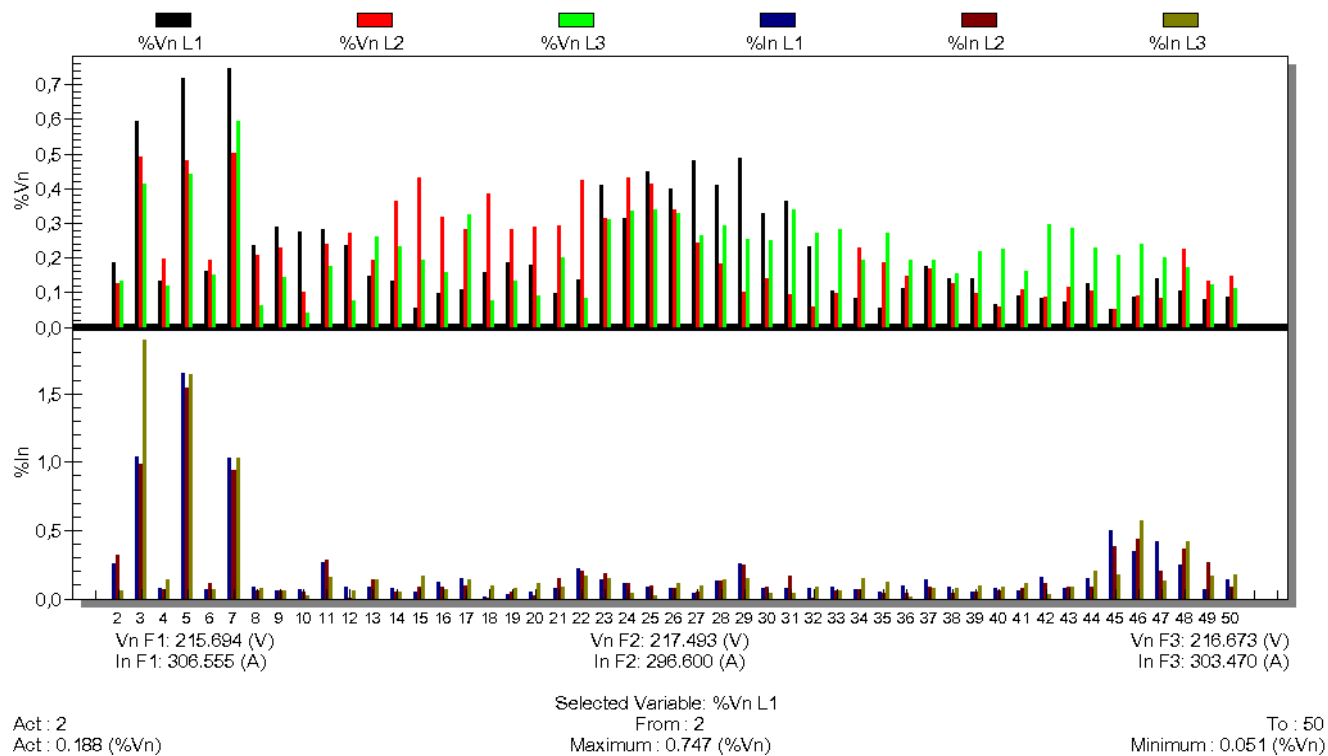


Рисунок 5.8 – Коэффициенты гармонических составляющих тока и напряжения в фазах А,В,С на шинах 1с.ш. трансформатора Т2 подстанции ТП8

На период выполнения замера для трансформатора Т1:
максимальное значение тока в фазе А составило 1487 А
минимальное значение тока в фазе А составило 227 А
максимальное значение напряжения составило 326 В
минимальное значение напряжения в фазе А составило 219 В

На период выполнения замера для трансформатора Т2:
максимальное значение тока в фазе А составило 302А
максимальное значение напряжения составило 232 В
минимальное значение напряжения в фазе А составило 215 В

По результатам выполненных замеров можно сделать вывод, что медленные изменения напряжения на стороне 0,4 кВ на шинах 1с.ш. трансформаторов Т1 и Т2 подстанции ТП8 не превышают установленные ГОСТ 32144-2013 значения: +5% более 5% [5].

Максимальное значение коэффициента пятой гармонической составляющей напряжения составляет 0,85 %, максимальное значение коэффициента пятой гармонической составляющей тока – 1,71 %. Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения на стороне 0,4 кВ на шинах 1с.ш. трансформаторов Т1 и Т2 подстанции ТП8 составили 0,84% и не превышают установленные ГОСТ 32144-2013 значения для сетей 0,4 кВ – 8,0% [5].

6 Анализ финансовых затрат на электроэнергию

ПАО «АВТОВАЗ» выполняет оплату за электроэнергию по двухставочному тарифу. Сводные затраты за электроэнергию по месяцам и за 2014 – 2015 года в целом ПАО «АВТОВАЗ» в тыс. руб. приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Сводные затраты на электроэнергию ПАО «АВТОВАЗ» за 2014-2015 года

Год	Месяц	$З_{wi}$
2014	январь	2618,79
	февраль	2545,79
	март	2752,35
	апрель	2609,58
	май	2884,31
	июнь	2467,47
	июль	2573,71
	август	2841,41
	сентябрь	3153,40
	октябрь	2737,26
	ноябрь	2824,50
	декабрь	2771,56
2015	январь	3981,38
	февраль	4556,77
	март	4855,11
	апрель	4324,05
	май	4120,72
	июнь	4224,04
	июль	4012,42
	август	4204,46
	сентябрь	4404,93
	октябрь	42304,12
	ноябрь	40208,52
	декабрь	3994,59

Изменения финансовых затрат на электроэнергию за 2013-2015 года для наглядности приведены в виде рисунка 6.1.

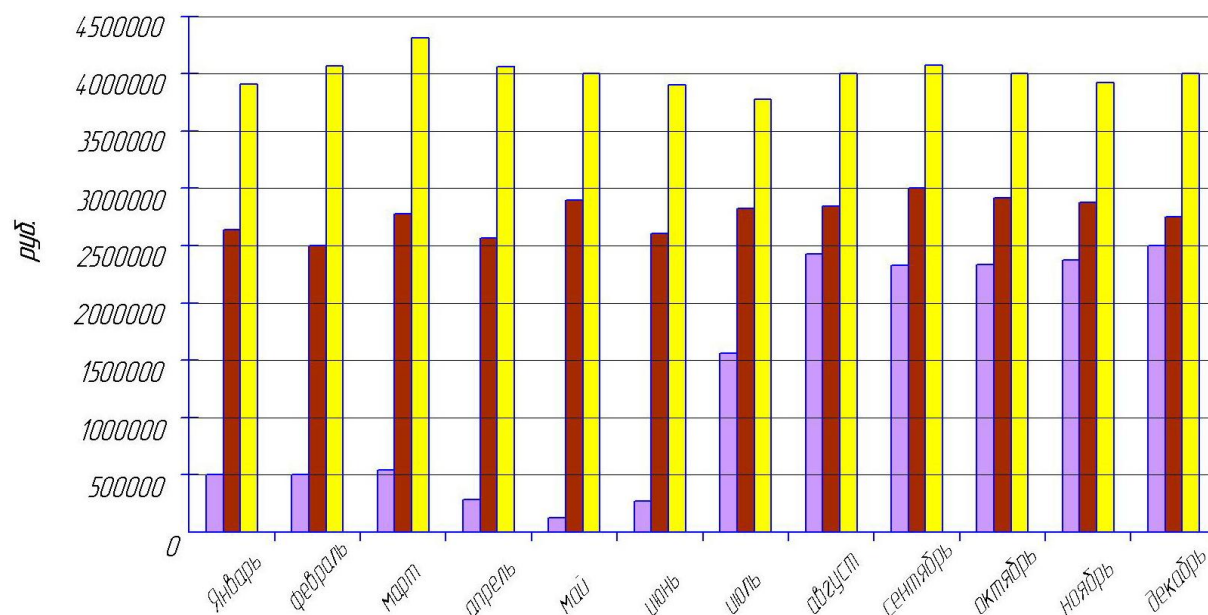


Рисунок 6.1 - Изменение финансовых затрат на электроэнергию за 2013-2015 года (2013 г. – фиолетовый 2014 г. – красный, 2015 г. – желтый)

Рост финансовых затрат на электроэнергию на ПАО «АВТОВАЗ» в 2015 году связан с увеличением выпуска автомобилей, а также ростом тарифов на электроэнергию.

7 Анализ удельного расхода электроэнергии на производство автомобилей «Калина»

На рисунке 7.1 приведено изменение выпуска автомобилей «Калина» по 2013-2015 годам.

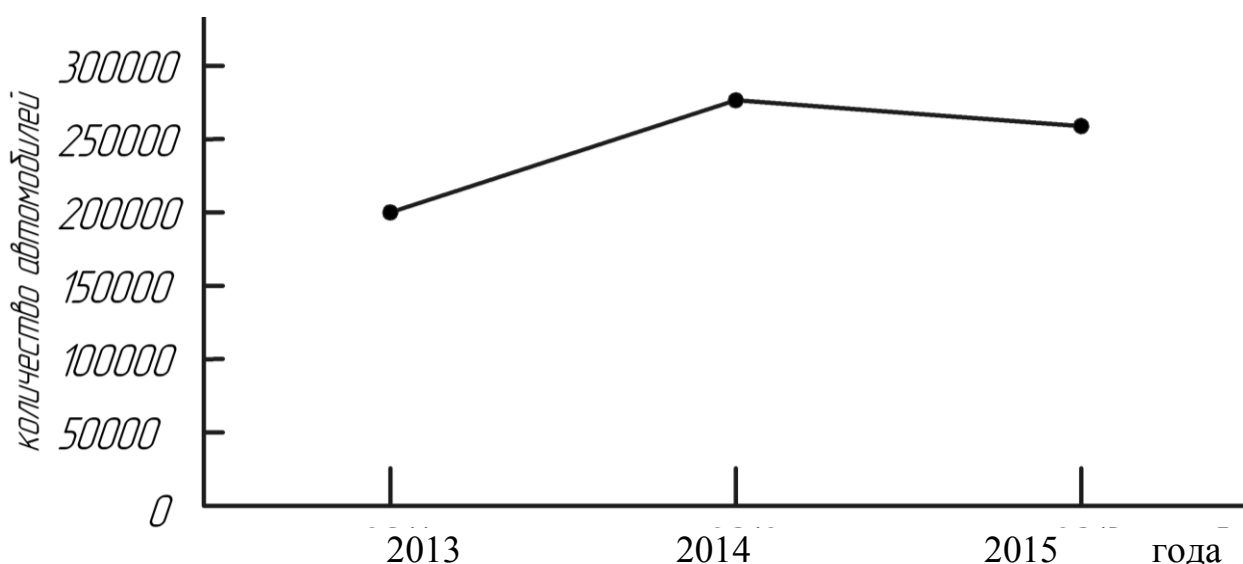


Рисунок 7.1 –Изменение выпуска автомобилей «Калина» по годам

Для анализа удельного расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции воспользуемся типовой кривой линейного изменения потребления электроэнергии предприятий машиностроительного комплекса в зависимости от объема выпускаемой предприятием продукции [10], которая приведена на рисунке 7.2.

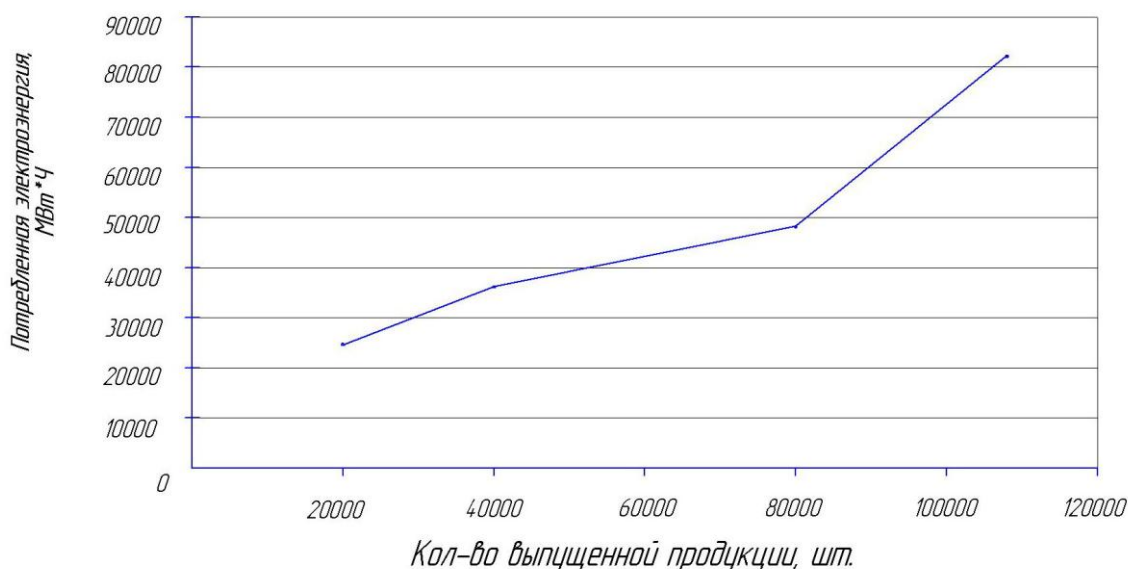


Рисунок 7.2 – Типовая кривая линейного изменения потребления электроэнергии предприятий машиностроительного комплекса

Удельные нормы расхода электроэнергии на единицу выпуска продукции определяются по формуле [10,18]:

$$\delta = \frac{W}{P_{пр}},$$

где $P_{пр}$ - объем выпуска продукции за рассматриваемый период.

По данным энергопроизводства ПАО «АВТОВАЗ» плановый расход электроэнергии для цеха окраски кузов на 2015 год составляет 453 кВт·час/ед.пр.

По известному выпуску автомобилей «Калина» за 2015 год (по месяцам) и потребления электроэнергии цеха окраски определены фактические удельные нормы расхода электроэнергии для цеха окраски кузов за 2015 год:

Январь – 395 кВт·час/ед.пр.

Февраль- 366 кВт·час/ед.пр.

Март - 352 кВт·час/ед.пр.

Апрель - 355 кВт·час/ед.пр.
 Май - 350 кВт·час/ед.пр.
 Июнь - 372 кВт·час/ед.пр.
 Июль - 382 кВт·час/ед.пр.
 Август - 318 кВт·час/ед.пр.
 Сентябрь - 382 кВт·час/ед.пр.
 Октябрь - 377 кВт·час/ед.пр.
 Ноябрь - 354 кВт·час/ед.пр.
 Декабрь - 352 кВт·час/ед.пр.

Выполненный анализ показывает, что расчетные значения фактических удельных нормы расхода электроэнергии не превышают установленного планового расхода электроэнергии - 453 кВт·час/ед.пр.

Построена кривая фактических удельных нормы расхода электроэнергии от количества выпускаемых автомобилей «Калина» (рисунок 7.3).

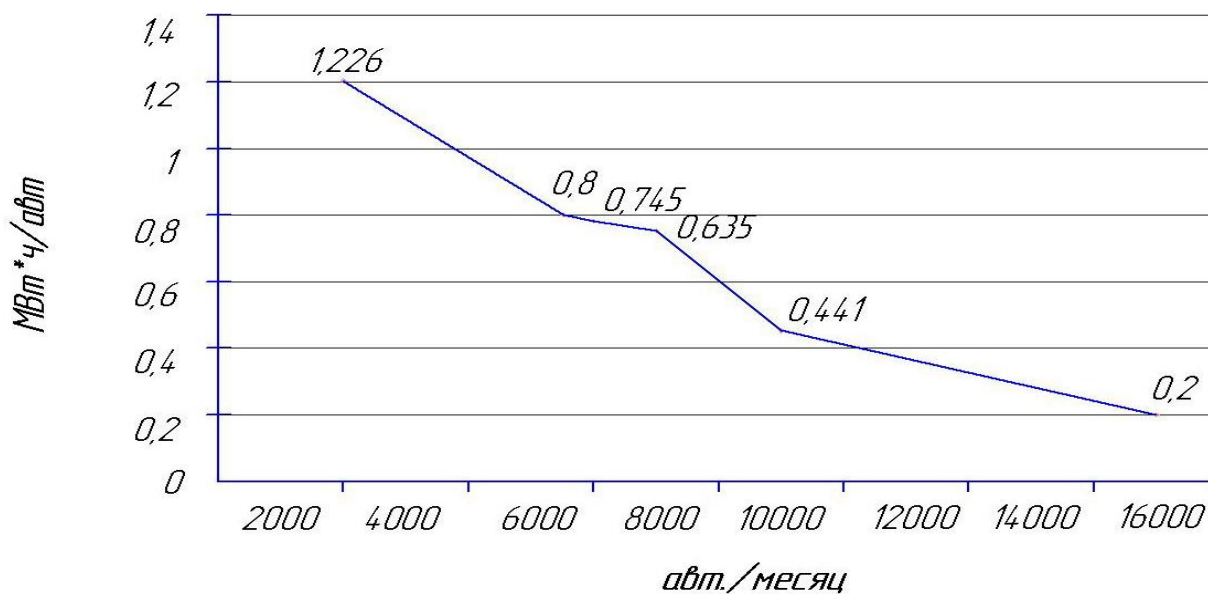


Рисунок 5.8 - Кривая фактических удельных нормы расхода электроэнергии от количества выпускаемых автомобилей «Калина»

Анализ стоимости автомобилей и финансовых затрат на электроэнергию позволил определить долю финансовых затрат на электроэнергию в себестоимости автомобиля «Калина»:

- за 2014 год – 0,22%
- за 2015 год – 0,20 %.

Таким образом, на основании выполненных расчетов доли финансовых затрат на электроэнергию в себестоимости автомобиля «Калина», можно заключить:

- значение составляющей затрат на электроэнергию в себестоимости автомобиля невелико;
- составляющая затрат на электроэнергию в себестоимости автомобиля «Калина» на ПАО «АВТОВАЗ» за период 2014-2015 года снижается.

8 Безопасность и экологичность проекта

8.1 Краткое описание схемы электроснабжения цеха окраски

Электроприемники цеха окраски ПАО «АВТОВАЗ» напряжением 0,4 кВ получают питание от пяти цеховых ТП – четыре двух трансформаторные и одна однострансформаторная с трансформаторами ТМЗ-2500 и ТСЗЛ-1600, установленными в отдельном помещении.

Компрессоры и выпрямители являются нагрузкой 10 кВ и получают питание от 1с.ш. и 2 с.ш. РП-34 по кабельным линиям марки ААШВ 3х150, проложенными в кабельных галереях.

Схема внешнего электроснабжения цеха – двухступенчатая радиальная:

- 1 ступень шины 10 кВ ГПП-1 и ГПП-6;
- 2 ступень шины 10 кВ РП-34.

Цеховая сеть 0,4 кВ выполнена магистральными шинопроводами типа ШМА-4.

8.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов цеха окраски

Основными опасными и вредными факторами цеха окраски для электроперсонала являются:

- повышенный уровень шума и вибрации;
- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура рабочей зоны;
- движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части;
- возможность поражения электрическим током промышленной частоты.

Шум и вибрация возникают при работе различного оборудования, машин и механизмов станков, прессов и другого производственного оборудования, редукторов, двигателей, компрессоров, насосов, при протекании газов и жидкостей по трубопроводам с большой скоростью, при выпуске газов и пара из технологических установок, при работе ручного механизированного инструмента и во многих других случаях.

Несмотря на герметизацию аппаратуры в воздух рабочих помещений выделяются взрывоопасные и вредные газы, пары краски, пыль, избытки влаги и тепла.

При работе в цехе возможны случаи попадания людей под движущиеся и вращающиеся части оборудования.

На производстве имеется большое число грузоподъемных механизмов. Основная часть работ связанных с подъемом и перемещением грузов, производится с помощью электротельферов и автоэлектропогрузчиков.

В цехе окраски при транспортировке контейнеров с заготовками и с готовыми деталями, а также при доставке на место нового оборудования, используется большое число автопогрузчиков. На производстве больше всего наездов на пешеходов производится водителями автоэлектропогрузчиков. Это подтверждает статистика, приведенная в центре охраны труда ПАО «АВТОВАЗ».

Опасность поражения электрическим током специфична тем, что не видим непосредственный источник опасности. Для обслуживания электроустановок в цехе существует специальный электротехнический персонал.

8.3 Воздействие опасных и вредных производственных факторов на организм человека

Шум и вибрация значительно повышают утомляемость и ослабляют внимание работающих, а длительное воздействие интенсивных шумов и вибраций отрицательно сказывается на нервной системе и органах слуха.

Высокие концентрации газов и паров краски в воздухе вызывают обильное слезотечение, боль в глазах, сильные приступы кашля, головокружения, боли в желудке, рвоту, судороги. Наблюдаются резкие расстройства дыхания и кровообращения. Может наступить смерть от сердечной слабости или остановки дыхания. В большой концентрации ядовитые газы могут вызвать так же удушье.

Воздействие таких опасных факторов как работа на прессах, аварии в крановых механизмах, наезды на пешеходов водителями автоэлектропогрузчиков может привести к травме или более тяжелому несчастному случаю.

Степень поражения электрическим током во многом зависит от характера включения человека в электрическую цепь. Поэтому величина напряжения не является основным критерием опасности поражения электрическим током, но вследствие лучшей возможности ее фиксации в практике часто оперируют величинами «безопасных» напряжений.

Пренебрежение правилами электробезопасности нередко приводит к тяжелым последствиям для пострадавшего.

8.4 Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда

На ПАО «АВТОВАЗ» для обеспечения безопасности работающего и обслуживающего персонала производятся следующие мероприятия:

- совершенствование технологического оборудования;
- автоматизация и механизация процессов обработки материалов.

К способам борьбы с шумами и вибрациями на производстве относят:

- устранение или уменьшение их в источнике образования технологическими и конструктивными методами;
- создание условий, препятствующих распространению шума и вибраций, звукоизоляция и виброизоляция, звукопоглощение, вибропоглощение.

Безопасность эксплуатации грузоподъемных машин обеспечивается:

- надежностью и прочностью конструктивных элементов, а так же канатов, цепей, цепочных приспособлений и др.;
- согласно правилам ТБ грузоподъемные устройства, особенно их огромные конструкции, а так же канаты, тросы, крюки, рассчитываются с большим запасом прочности. Например, коэффициент запаса прочности для грузовых канатов составляет 4-6, а для канатов, лебедок, предназначенных для подъема людей 9;
- места подъема и перемещения грузов должны быть хорошо освещены;
- вентиляция помещений, окрасочных камер, что является важным средством создания нормальных санитарно-гигиенических условий для работающего персонала.

Заключение

По результатам выполненного анализа эффективности использования электрической энергии в ПАО «АВТОВАЗ» на примере цеха окраски автозавода сделаны следующие выводы:

1. При анализе схемы электроснабжения и электроприемников цеха окраски установлено, что электроприемники цеха окраски напряжением 0,4 кВ получают питание от пяти цеховых ТП – четыре двух трансформаторные и одна однострансформаторная с трансформаторами ТМЗ-2500 и ТСЗЛ-1600, установленными в отдельном помещении. Компрессоры и выпрямители являются нагрузкой 10 кВ и получают питание от 1 с.ш. и 2 с.ш. РП-34 по кабельным линиям марки ААШВ 3х150, проложенными в кабельных галереях. Схема внешнего электроснабжения цеха – двухступенчатая радиальная: 1 ступень шины 10 кВ ГПП-1 и ГПП-6; 2 ступень шины 10 кВ РП-34. Цеховая сеть цеха окраски 0,4 кВ выполнена магистральными шинопроводами типа ШМА-4.

2. На основании расчета электрических нагрузок установлено, что наибольшая доля установленной мощности цеха окраски приходится на общепромышленные установки – вентиляционные установки.

3. Электропотребление за 2015 год возросло, что объясняется возрастанием выпуска автомобилей за счет увеличения спроса на автомобили модельного ряда «Калина» со стороны покупателей.

4. На основании выполненных замеров показателей качества электрической энергии получено, что медленные изменения напряжения на стороне 0,4 кВ на шинах 1 с.ш. трансформаторов Т1 и Т2 подстанции ТП8 не превышают установленные ГОСТ 32144-2013.

Максимальное значение коэффициента пятой гармонической составляющей напряжения составляет 0,85 %, максимальное значение коэффициента пятой гармонической составляющей тока – 1,71 %. Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения на

стороне 0,4 кВ на шинах 1с.ш. трансформаторов Т1 и Т2 подстанции ТП8 составили 0,84% и не превышают установленные ГОСТ 32144-2013 значения для сетей 0,4 кВ – 8,0%.

5. Выполненный анализ показывает, что расчетные значения фактических удельных нормы расхода электроэнергии не превышают установленного планового расхода электроэнергии - 453 кВт·час/ед.пр.

6. Значение составляющей затрат на электроэнергию в себестоимости автомобиля невелико. Составляющая затрат на электроэнергию в себестоимости автомобиля «Калина» за период 2014-2015 года снижается.

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 2009.
2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ.
4. Федеральный закон РФ «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ с изменениями и дополнениями от 30.03.2016 № 74-ФЗ, от 01.05.2016 № 132-ФЗ, от 23.06.2016 N 196-ФЗ.
5. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М. : Изд-во стандартов, 2013.
6. ГОСТ Р 12.0.006-2002. Система стандартов безопасности труда. Общие требования к управлению охраной труда в организации.
7. Правила учета электрической энергии. Проставление Правительства РФ от 04.05.2012 №442.
8. Алиев, И.И. Электротехнические материалы и кабельные изделия: справочник / И.И. Алиев. - М.: ИП РадиоСОФТ, 2014.
9. Воронин, А.К. Моделирование энергосберегающего оборудования в машиностроении / А.К. Воронин, А.А. Воронин // Промышленная энергетика. – 2013. - №5. – С.14-18.
10. Волуев, А.В. Особенности расчета удельных норм расхода на предприятиях автомобильной промышленности / А.В. Волуев : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Энергосбережение сегодня и завтра» (Пенза, 2015 г.) – Пенза, ИДП, 2015.
11. Нагорная, Н.В. Экономика энергетики / Н.В. Нагорная. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2014.

12. Киреева, Э.А. Электрооборудование электрических станции и подстанций / Э.А. Киреева. – М.: КНОРУС, 2017.
13. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / под ред. С.И. Гамазина, Б.И. Кудрина, С.А. Цырука. - М. : Издательский дом МЭИ, 2013.
14. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин, В.А. Яшков. – М. : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2015.
15. Экономика предприятий энергетического комплекса: учеб. для вузов / В.С. Самсонов, М.А. Вяткин. - 3-е изд. - М.: Высш. шк., 2015.
16. Экономия энергоресурсов в промышленных технологиях: справочно-методическое пособие / Под ред. С.К. Сергеева.- Н. Новгород: НГТУ, НИЦЭ, 2014.
17. Das, J.C. Transients in electrical systems: textbook / J.C. Das. – USA, Mcgrawhill, 2010.
18. Gitelman, L. Economics and Business / L. Gitelman. - University of southern Queensland, Australia, 2013.
19. Каталог продукции ЗАО «Элеткрокабель» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cable.ru/zavod/elektrokabel> (25.05.2017)
20. Официальный сайт ПАО «АВТОВАЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avtovaz.ru> (25.04.2017).
21. Каталог продукции ООО «Тольяттинский трансформатор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа :<http://toltrans.nt-rt.ru> (15.05.2017).
22. Электротехнический портал – РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://электротехнический-портал.рф/ekonomika-i-upravlenye-v-electroenergetike> (25.04.2017).